Archive of SID

ارزیابی خطرهای HSE در ساخت و سازهای بلند مرتبه شهری با رویکرد فازی

عبداله اردشیر[۱] - رضا مکنون[۲*] - محمد رکاب اسلامی زاده[۳]- زینب جهانتاب[۴]

ardeshir53@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۹

چکیده

مقدمه: پروژه های بلند مرتبه سازی به دلیل افزایش جمعیت، توسعه شهرها و هم‌چنین مهاجرت افراد به شهرهای بزرگ روز به روز رو به افزایش هستند و به‌دلیل این‌که این پروژه های عمرانی در درون شهرها واقع اند و در تماس مستقیم با مردم شهر می‌باشند، از لحاظ خطرهای HSE از اهمیت ویژه‌ای نسبت به سایر پروژه‌های عمرانی برخوردارند. از طرفی در اکثر حوادث و رویدادها، سازمآن‌ها نسبت به هزینه واقعی آن بینش کافی ندارند.بنابراین شناسایی و ارزیابی و مدیریت خطرهای HSE بسیار ضروری ومهم است.

روش کار: در این مقاله خطرهای HSE در ساخت پروژه های بلند مرتبه که بر سلامت افراد و محیط زیست اثر منفی دارند،شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی شدند. خطرها از طریق چک لیست و مصاحبه با افراد با سابقه در زمینه بلند مرتبه سازی شناسایی و ارزیابی شده و برای کمی سازی با توجه به ماهیت مبهم خطرها و وجود عدم قطعیت از ترکیب اعداد فازی و روش تحلیلی سلسله مراتبی AHP استفاده گردید. در نهایت پس از ارزیابی، خطرها برای پاسخ رتبه‌بندی می‌شدند.

یافته ها: با استفاده از روش AHP وزن ۰/۳۴۶ برای بهداشت، ۰/۳ برای ایمنی و ۰/۳۵۴ برای محیط زیست به‌دست آمد. از این اعداد می‌توان به این نتیجه رسید که در سلامت افراد در مجموعه کارگاه و بیرون از آن، خطرهای محیط زیستی و بهداشتی از خطرهای ایمنی مهم تر هستند.

نتیجه گیری: نتایجی که از این تحقیق به‌دست آمد نشان داد که خطرهای HSE بسیار بحرانی هستند و باید در پروژه‌های عمرانی قبل از شروع پروژه برای کنترل آن‌ها اقداماتی انجام شود. هم‌چنین نتایج دیگر نشان داد که بسیاری از خطرهای HSE به دلیل نبودن فرهنگ درست HSE در سازمان و در پروژه می‌باشد که می‌توان با فرهنگ سازی درست بسیاری از خطرهای HSE را کاهش داد.

کلمات کلیدی: *بنزین بدون سرب، تولوئن ، زایلن ،آزمایشات بیوشیمیایی خون،پمپ بنزین*

۱- دانشیار، دانشکده عمران و محیط زیست ،رییس پژوهشکده محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۲- استادیار، دانشکده عمران ومحیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳- کارشناس ارشد HSE دانشکده عمران ومحیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۴- کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری دانشگاه هنر اسلامی تبریز

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و شهرنشینی و به تبع آن کمبود زمین باعث شده است که بسیاری از شهرهای دنیا با توجه به محدودیت های بسیار به جای افزایش در افق، به افزایش در ارتفاع و ایجاد سازه های بلند مرتبه روی بیاورند. در بسیاری از شهرهای ایران از جمله تهران به دلیل تجمیع افراد در سطحی محدود، بلند مرتبه‌سازی در سال های اخیر بسیار رواج پیدا کرده است.صنعت بلند مرتبه سازی در کشور ما به دلیل نو بودن با مشکلات زیادی روبه‌رو می‌باشد. این ساختمان‌ها همانند سایر پروژه های عمرانی دارای پیچیدگی و پویایی خاص خود می‌باشند. در ساخت پروژه‌های بلند مرتبه عوامل تاثیر گذار زیادی وجود دارد از قبیل: شرایط طبیعی، اقلیم، توپوگرافی، لرزه‌ای و ... که هر یک از این عوامل دارای خطرهایی می‌باشند که بر روی هدف (زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، بهداشت، محیط زیست) پروژه تاثیرگذار می‌باشد. بنابراین شناسایی و ارزیابی خطرها و رتبه‌بندی برای پاسخ به آن‌ها در دوران ساخت امری بسیار ضروری و مهم در اتمام پروژه در زمان مشخص و با بودجه و کیفیت مشخص می‌باشد.

هر ساله میلیون‌ها حادثه ناشی از کار در دنیا اتفاق می‌افتد که برخی از این حوادث موجب مرگ و برخی دیگر موجب از کار افتادگی جزیی یا کلی می شوند. برخی دیگر از حوادثی که در خلال پروژه‌ها اتفاع می‌افتد، حوادث محیط زیستی می‌باشد که موجب آسیب به محیط زیست و به طبع آن و در دراز مدت، آسیب به افراد و انسان‌ها در آینده و نسل‌های بعد می‌باشند. به عنوان مثال کارگری را در نظر بگیرید که با آزبست سر و کاردارد و از وسایل حفاظت فردی استفاده نمی کند. برای این کارگر خطر ابتلا به سرطان در آینده ای نزدیک بسیار محتمل است و در صورت ابتلا به بیماری سرطان نه‌تنها خودش بلکه آینده خانواده و فرزندانش نیز چون به او وابسته است، تحت تاثیر قرار می‌گیرد و هزینه بسیار سنگینی به آن‌ها وارد می شود.چه بسا به خاطر موضوع ساده ای مثل استفاده از ماسک هنگام کار، خانواده ای از هم پاشیده شود و مسیر زندگی شان تغییر کند. (Rekab eslami, *et al.*, 2012). در سایه توجه به مسایل ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE) در کارگاه‌های ساختمانی علاوه بر پیشگیری از حوادث و بیماری‌های شغلی، به دستاوردهای مهم دیگری هم‌چون افزایش بهره‌وری، تأمین آسایش خاطر، کاهش خطر، بالا بردن کیفیت و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌توان نایل آمد.

آمارها نشان می‌دهد هزینه متوسطی که جوامع انسانی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در قبال حوادث می پردازند در حدود ۳%-۲ از متوسط تولید ناخالص ملی کشورهای عالم است. این نرخ چیزی در حدود رشد اقتصادی یک‌ساله برخی کشورهاست. هزینه هر روز غیبت از کار نیز به اندازه ۳-۲ روز کاری فرد است. براساس یک برآورد در کشور ما به‌طور متوسط در هر ساعت دست کم ۳ نفر به علت حوادث گوناگون جان می‌سپارند و هزینه عدم رعایت مقررات و اصول ایمنی معادل درآمد صادرات نفت است. بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و (ILO) هر ساله بیش از ۱/۲ میلیون نفر در اثر حوادث ناشی از کار و بیماری‌های مربوط به آن جان خود را از دست می‌دهند و بیش از ۱۶۰ میلیون کارگر دچار حوادث شغلی می‌شوند (amini, 2009) بنابرگزارش سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهر تهران، به وقوع

www.SID.ir

Archive of SID

می‌پیوندد. (Gharib *et al.,* 2011)

در سال های اخیر مطالعات زیادی بر روی بهداشت،ایمنی و محیط زیست در کارهای عمرانی انجام شده است لیو و پرن در سال ۲۰۰۸ از روش داده کاوی برای به‌دست آوردن مشخصات مهم حوادث شغلی در صنعت ساخت، بر اساس مطالعه بر روی حوادث شغلی در صنعت ساخت وساز در تایوان بین سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ استفاده کردند و یک دیدگاه برای پایه گذاری و ایجاد استراتژی موثر بازرسی و ایمنی و جلوگیری از حوادث در حین کار، فراهم کردند. (Liao *et al.,* 2008) چی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ آنالیزی بر روی ۲۵۵ مورد از حوادث شغلی مهم و اصلی در صنعت ساخت و ساز انجام دادند. (Chi *et al.,* 2009) پینتو و همکارانش در سال ۲۰۱۱ بیان کردند که ارزیابی خطرهای شغلی در سایت های محیط کاری اولین و اصلی‌ترین مرحله برای دستیابی به سطح ایمنی کافی، به‌خصوص برای حمایت از تصمیم‌گیری در برنامه‌های ایمنی می‌باشد.آن‌ها از روش‌های متداول در ارزیابی خطرهای شغلی در صنعت ساخت و ساز استفاده کردند و درباره محدودیت‌ها و مزیت‌های استفاده از مجموعه‌های فازی برای مقابله با موقعیت های تعریف شده بد، بحث کردند. این افراد در تحقیق خود بر اساس کارهای قبلی تعدادی از دلایل عملکرد مناسب ایمنی را شناسایی نمودند که عبارتند از :۱) سازمان ضعیف در زمینه ایمنی و کار، ۲) اندازه سازمان، ۳) نبود هماهنگی بین اعضاء ۴) فشار اقتصادی و زمانی، ۵) کمبود استاندارد سازی داده ها، ۶) ارتباطات ضعیف در داخل و خارج، ۷) درگیری ضعیف افراد در موضوعات ایمنی، ۸) تغییر پیوسته در سایت کاری و تاثیر بر روی ایمنی و بهداشت، ۹) تخصص کارگران، ۱۰)مسوولیت کارگران در برابر ایمنی خودشان،۱۱) آموزش ناکافی و خستگی از کار ۱۲) انتخاب تجهیزات نامناسب، ۱۳) آگاهی کم مدیر ارشد و مدیر پروژه از ایمنی ۱۴) نبود وسایل بازدارنده و حفاظت کننده ۱۵) کارهای ساخت و ساز دور از مکان زندگی کارگران و ۱۶) استرس طولانی مدت کارگران به‌دلیل شرایط کار (Pinto et al., 2008) در سال ۲۰۱۱ آنزریس و همکارانش خطرهای حوادث شغلی در هلند را ارزیابی کردند. مدل آن‌ها خطرهایی را مورد بررسی قرار داد که کارگران با فعالیت های گوناگون و خطرات مختلف، با آن سر و کار دارند. خطرها برای سه نوع از عواقب ارزیابی شدند: صدمات قابل بازگشت، صدمات ماندگار و فوت.در این تحقیق آن‌ها ۶۳ خطر، گوناگون را شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی کردند. (Aneziris *et al.,* 2011) شن و همکارانش در سال ۲۰۰۰ اثرات آلودگی محیط زیست را به دلیل ساخت و ساز به چند دسته تقسیم کردند: دسته اول آلودگی‌هایی که از منابع محیط زیستی مانند سوخت‌های فسیلی و معدنی را استخراج می‌شوند. دسته دوم آلودگی‌هایی که باعث افزایش مصرف منابع عمومی مانند زمین، هوا، آب و انرژی می‌شوند. دسته سوم آلودگی‌هایی که بر محیط زندگی ما تاثیر می‌گذارند مانند آلودگی‌های صوتی، بو، ذرات معلق، لرزش، شیمیایی و مواد زاید جامد (Shen *et al.,* 2000) هندریکسون و هورواث در سال ۲۰۰۰، ۵ مورد از بزرگترین آلاینده‌های هوای ناشی از ساخت و ساز شامل دی کسید سولفور (SO_2)، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، مواد فرار هیدروکربنی (VOCs)، سم‌هایی که در هوا آزاد می‌شوند و مواد زائد خطرناک تولید شده را شناسایی کردند. آن‌ها انتشار این آلاینده‌ها را برای ۴ دسته از بزرگترین فعالیت های عمرانی در آمریکا مانند

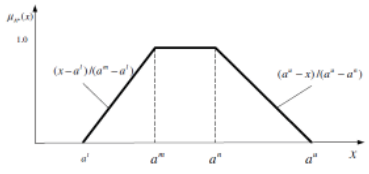
www.SID.ir

Archive of SID

بزرگراه‌ها، پل و ساختمان‌های بلند، ساختمان‌های تجاری و مسکونی و خطوط راه آهن تخمین زدند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که آلودگی محیط زیستی و تولید مواد زاید خطرناک ناشی از ساخت و ساز در آمریکا نسبت به چیزی که GDP پیشنهاد داده است پایین تر می‌باشد. (Hendrickson,et al,.2000) الشریف در سال ۲۰۱۰ ساختمان‌هایی را که در آن‌ها موارد تخلف در آلودگی آب سطحی مشاهده شده و جریمه ها در سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ در Min-nesota را مورد بحث قرار داد. بیست و یک درصد از این تخلفات توسط آژانس های عمومی انجام می شد. چهل و شش درصد از کل موارد، ناشی از فقدان مجوز ساختمانی آب سطحی بود. افزایش تعداد این تخلفات با توسعه و انفجار ساخت وساز در اوایل سال ۲۰۰۰ و تغییر در اجرای کارگاه های ساختمانی از بیش از ۵ ایکر به بیش از یک ایکر هم‌زمان شد. به کارگیری قوانین جدید توسعه یافته، افزایش مسوولیت آژانس های اجرایی ایالتی را در پی داشت. از این رو، پیشنهاد گردید که موسسات باید روش های نوینی را جهت اجرای قوانین شامل موسسات دولتی محلی به کار گیرند (Alsharif,2010) سال ۲۰۱۰ بالستروس و همکارانش یک روش اندازه گیری مناسب برای صدای تولید شده توسط فعالیت های ساختمانی ارایه کردند. این روش در مطالعه صدای منتشر شده در حین ساخت و ساز یک آپارتمان ۲۶ طبقه مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی های انتشار صدا برای هر مرحله تحلیل شده و نتایج به‌دست آمد. سپس مقایسه ای میان آن‌ها به منظور تعیین انتشار صدای فرآیند ساخت و ساز انجام شد. آگاهی از این مشخصات فرصت اندازه گیری برای کنترل صدا و تحلیل اثرات صوتی که چنین فعالیت هایی را در نواحی نزدیک تولید می کنند فراهم می نماید. (Ballesteros *et al,*.2010) این مقاله خطرهای بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی در ساخت پروژه های بلند مرتبه را که بر سلامت افراد و محیط زیست اثر منفی دارند را ارزیابی و رتبه‌بندی می‌کند. خطرها از طریق چک لیست، مصاحبه با افراد با سابقه در زمینه بلند مرتبه سازی، استانداردها و کارهای قبلی انجام شده در این زمینه شناسایی و ارزیابی شده و برای کمی سازی با توجه به ماهیت مبهم خطرها و وجود عدم قطعیت، از ترکیب اعداد فازی و روش تحلیلی سلسله مراتبی AHP استفاده شده است.در نهایت پس از ارزیابی، خطرها برای پاسخ رتبه‌بندی می شوند.

مجموعه های فازی

یک عدد فازی ذوزنقه ای A به صورت (a, b, c, d) نشان داده شده و تابع عضویت آن به صورت زیر نمایش داده می‌شود: (Kaufmann *et al,* 1991)



$$\mu_A(x)=\begin{cases}0 & \text{for} \quad x<a\\ \mu_A^L(x)=\frac{x-a}{b-a} & \text{for} \quad a\leqslant x\leqslant b\\ 1 & \text{for} \quad b\leqslant x\leqslant c\\ \mu_A^R(x)=\frac{x-d}{c-d} & \text{for} \quad c\leqslant x\leqslant d\\ 0 & \text{for} \quad x>d\end{cases}$$

محاسبه جمع، ضرب، تفریق و تقسیم برای دو عدد فازی $A=(a, b, c, d)$ و $B=(a_2, b_2, c_2, d_2)$ به صورت زیر است:

$$A\oplus B=(a_1+a_2,b_1+b_2,c_1+c_2,d_1+d_2)$$

$$A\Theta B=(a_1-b_4,a_2-b_3,a_3-b_2,a_4-b_1).$$

که در این‌جا منظور از $\oplus$ و Θ جمع فازی و تفریق فازی می‌باشد.در ضرب اعداد فازی به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیدگی از α- cut استفاده می‌کنیم. α- cut مجموعه فازی A با تابع عضویت $\mu_A(x)$ ، یک مجموعه غیر فازی از تمام اعدادی است که درجه عضویت آن‌ها بزرگتر یا مساوی α باشند یعنی (Klir *et al.,* 1995):

$$A^{\alpha}=\{x\,|\alpha\le\mu_A(x),1\le\alpha\le 0\}$$

و به صورت $[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]$ نمایش داده می‌شود که A_l^{α} مرز پایین و A_u^{α} مرز بالای A^{α} است.

$$A^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]$$

و برای عدد فازی $A=(a_1,b_1,c_1,d_1)$ خواهیم داشت:

$$A_l^{\alpha}=(b_1-a_1)\times\alpha+a_1$$

$$A_u^{\alpha}=-(d_1-c_1)\times\alpha+d_1$$

برای دو عدد بازه‌ای $P=[a,b]$ و $q=[c,d]$، عملیات ضرب و تقسیم به صورت زیر می‌باشد:

$$p\times q=[\min(ac,ad,bc,bd),\max(ac,ad,bc,bd)]$$

$$p\phi q=[a,b]\times[\frac{1}{d},\frac{1}{c}]=[\min(\frac{a}{d},\frac{a}{c},\frac{b}{d},\frac{b}{c}),\max(\frac{a}{d},\frac{a}{c},\frac{b}{d},\frac{b}{c})]$$

همان‌طور که در قبل گفتیم، ضرب و تقسیم اعداد فازی با استفاده از $\alpha-cut$ انجام می‌شود، به عبارتی برای دو عدد فازی A و B با مقطع α، $A^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]$ و $B^{\alpha}=[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$، داریم:

$$A\otimes B=(A\times B)^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]\otimes[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$$

$$A\phi B=(A\div B)^{\alpha}=[A_l^{\alpha},A_u^{\alpha}]\phi[B_l^{\alpha},B_u^{\alpha}]$$

که $\otimes$ و ϕ به ترتیب نماد ضرب و تقسیم اعداد فازی می‌باشد. طبق اصل توسعه برای عدد فازی A داریم: (Klir *et al.,* 1995)

روش کار

تشکیل تیم پروژه

برای بررسی خطرها ابتدا یک گروه برای ارزیابی آن‌ها تشکیل می‌شود. افراد عضو این گروه متخصصین با رویکردها، تخصص‌ها و سوابق مختلف می‌باشند، به‌طور مثال مدیر پروژه، رییس کارگاه و...پرسش‌نامه ها با استفاده از قضاوت این افراد تکمیل می شوند و به هر متخصص با در نظر گرفتن سلیقه و سابقه ای که در زمینه کاری خود دارد، یک ضریب به نام ضریب مشارکت داده می‌شود که این ضریب با تغییر شرایط پروژه و افراد تغییر می‌کند. (Zeng *et al.,* 2007)

$$C_1+C_2+C_3+...+C_k+...C_m=1$$

C_k ضریب مشارکت متخصص Kام و m تعداد متخصصان تیم مدیریت خطر.

شناسایی خطرها

هدف از این مرحله شناسایی بیشتر خطرها می‌باشد، زیرا تا خطری شناخته نشود سایر مراحل مدیریت خطر بر روی آن صورت نمی‌گیرد. روش‌های مختلفی برای شناسایی خطرها وجود دارد. (Rafiee zadeh *et al.,* 2009)

در این مقاله خطر ها از طریق مصاحبه و هم فکری با افراد متخصص در زمینه بلندمرتبه سازی و HSE و نیز چک‌لیست های مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، شناسایی و سپس دسته‌بندی شدند. (Lahooti *et al.,* 2011) و (Adibi,2011) در شناسایی خطرها باید تمام عوامل بالقوه که پروژه را تهدید می‌کنند مورد بررسی قرار بگیرند. این مرحله بسیار مهم است، زیرا فرایند تحلیل و ارزیابی خطر و پاسخ به خطر در مورد خطرهای شناسایی شده انجام می شود (Nieto-Morote *et al.,* 2011)

تعریف توابع عامل خطر

عامل خطر (RF) توسط دو پارامتر اندازه‌گیری می‌شود. احتمال وقوع خطر (RP) و شدت اثر خطر

www.SID.ir

Archive of SID

(RI). پارامتر شدت اثر خطر شامل پتانسیل اثر هر عامل بر روی هدف پروژه از قبیل: زمان، هزینه و کیفیت و سلامت افراد و محیط زیست می‌باشد.

$$RF = RI + RP - (RI \times RP)$$

تعریف پارامترهای زبانی

پارامترهای زبانی که برای ارزیابی پارامترهای خطر، RI و RP استفاده می‌شوند، عبارتند از: (Nieto-Morote *et al.*, 2011)

- برای (RI) پنج واژه زبانی استفاده شده است: خیلی کم(VL) کم(L)، مساوی(S)، زیاد(H) و خیلی زیاد (VH)
- برای (RP) پنج واژه زبانی استفاده شده است: خیلی کم(VL)، کم(L)، متوسط(M)، زیاد(H) و خیلی زیاد (VH)

اندازه گیری پارامترهای RP

RP در پایین ساختار شکست در هر سطح به‌وسیله تمام افراد در گروه ارزیابی خطر از طریق پارامترهای زبانی اندازه‌گیری می‌شود. پس از آن متغیرهای زبانی باید به اعداد فازی تبدیل شوند. (Nieto-Morote *et al.*, 2011)

$$RP_i = RP_{i1} \otimes c_1 \oplus RP_{i2} \otimes c_2 \oplus \ldots \oplus RP_{im} \otimes c_m$$

RP_i متوسط اعداد فازی داده شده برای شدت احتمال وقوع خطر i ام محسوب می‌شود. C ضریب اشتراک هر متخصص و m تعداد متخصصین در گروه ارزیابی خطر می‌باشد.

اندازه گیری پارامترهای RI

وزن هرعامل از طریق مقایسه دو به دو عوامل خطر توسط قضاوت متخصصین و با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی به‌دست می‌آید. مقادیر عددی فازی برای متغیرهای زبانی با استفاده از جدول شماره ۲ به‌دست می‌آیند. (Nieto-Morote *et al.*, 2011) برای هر یک از اعضای گروه ماتریس مقایسه زوجی خطرها مطابق رابطه‌ای زیر برای گروه g و سطح l به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$M = [A_{i,j}] = \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & \cdots & A_{1,n} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & \cdots & A_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n,1} & A_{n,2} & \ldots & A_{n,n} \end{bmatrix} i,j = 1,2,\ldots,n$$

$$W_{ij} = W_{ij1} \otimes c_1 \oplus W_{ij2} \otimes c_2 \oplus \ldots \oplus W_{ijm} \otimes c_m$$

i و j خطر در گروه g و سطح l در ساختار شکست خطر و m تعداد اعضای گروه ارزیابی خطر می‌باشد.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} a_{kj}} \quad i, j = 1,2,3,\ldots,n$$

W_i وزن هر عامل در گروه خودش می‌باشد. پس از آن‌که وزن هر عامل در گروه خودش به‌دست آمد، باید وزن هر عامل را در کل به‌دست آوریم.

جدول ۱. تعریف عدد فازی RP

عدد فازی	علامت اختصاری	تعریف	RP
(0.5,0.67,1,1)	VH	به دفعات زیاد اتفاق می افتد	خیلی زیاد
(0.215,0.33,0. 5,0.67)	H	بارها اتفاق می افتد	زیاد
(0.05,0.1,0.215,0.33)	M	معمولاً، اتفاق می افتد	متوسط
(0,0.01,0.05,0.1)	L	گه‌گاهی اتفاق می‌افتد	کم
(0,0,0,0.01)	VL	به ندرت اتفاق می‌افتد	خیلی کم

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تعریف عدد فازی برای مقایسه زوجی شدت اثر (RI)

عدد فازی	علامت اختصاری	توصیف
(0.7,1,1,1)	VH	ارجحیت عامل A نسبت به عامل B خیلی زیاد است
(0.5,0.75,0.75,0.1)	H	ارجحیت عامل A نسبت به عامل B زیاد است
(0.3,0.5,0.5,0.7)	S	ارجحیت عامل A برابر عامل B است
(0,0.25,0.25,0.5)	L	ارجحیت عامل A نسبت به عامل B کم است
(0,0,0,0.3)	VL	ارجحیت عامل A نسبت به عامل B خیلی کم است

جدول ۳. شاخص تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
CR	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

برای این کار اگر فرض کنیم که عامل i ام، t سطح بالاتر از خودش در ساختار شکست خطر داشته باشد و $W^{i}_{section}$ وزن هر عامل در i امین سطح ساختار شکست باشد که عامل F_i زیر شاخه آن است، آن‌گاه وزن F_i در کل به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: (Del Cano *et al*,. 2002)

$$W^{/}=W_i \times \prod_{i=1}^{t} W^{i}_{section}$$

$W^{/}$ مقدار وزن هر عامل در کل می‌باشد. یا به عبارتی شدت اثر کلی هر خطر عبارت است از:

$$RI = W_i \times \prod_{i=1}^{t} W^{i}_{section}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

λmax، میانگین عناصر برداری سازگاری می‌باشد و n عبارتست از تعداد گزینه‌های موجود در مساله

CR: نرخ سازگاری می‌باشد و RI در این‌جا شاخص تصادفی می‌باشد که از جدول زیر به‌دست می‌آید:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می کند. (Godsipour, 2011)

استنتاج فازی

در این مرحله RI و RP به‌دست آمده از مراحل قبل را به عدد فازی که خطر کلی پروژه را بیان می‌کند، تبدیل می کنیم:

$$ORF_i = RI_i \oplus RP_i - (RI_i \otimes RP_i)$$

فازی زدایی

فازی زدایی از اعداد فازی یک فرایند بسیار مهم برای ارزیابی خطر در محیط فازی می‌باشد.برای فازی زدایی چندین روش وجود دارد که در این مقاله از روش متوسط ماکزیمم ها (MOM) استفاده می کنیم.

$$(RF_T)_i = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

یافته ها

تشکیل تیم پروژه

برای بررسی خطرها ابتدا یک گروه برای ارزیابی خطرها تشکیل داده شد. افراد عضو این گروه ۳۵ نفر از متخصصین با رویکردها، تخصص ها و سوابق مختلف در زمینه بلند مرتبه سازی در شهر تهران می‌باشند. برای دادن ضریب به افراد گروه ارزیابی خطر، سابقه کاری در زمینه بلند مرتبه سازی، میزان تحصیلات و رشته تحصیلی ملاک قرار داده شد.

www.SID.ir

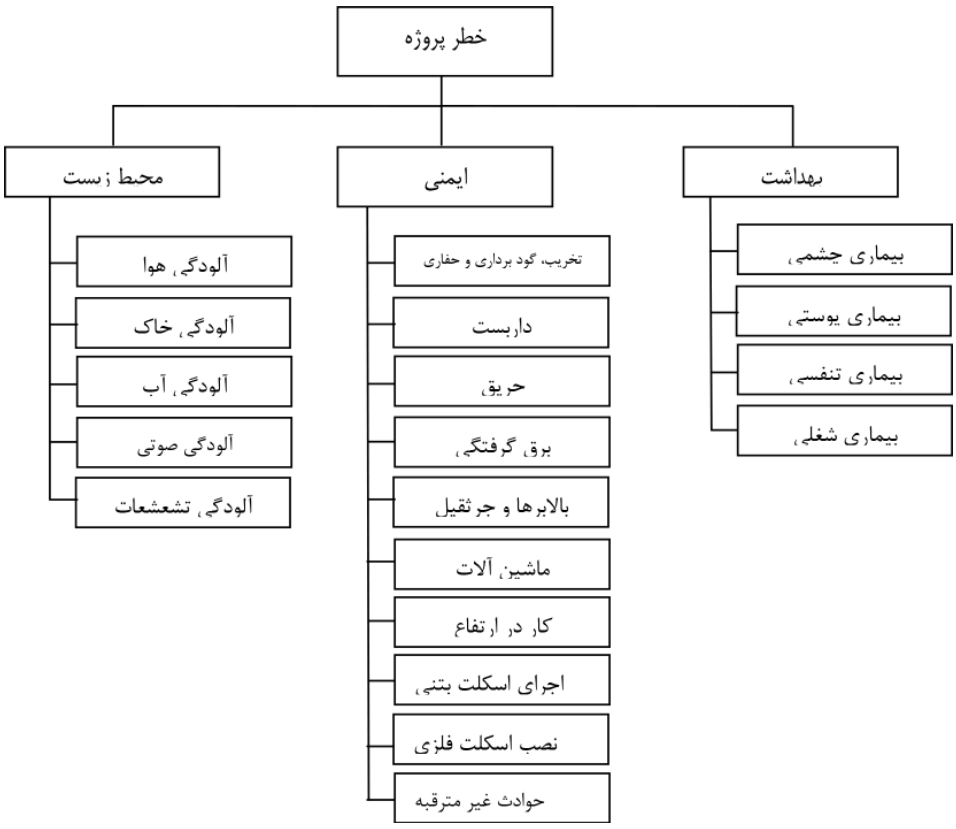
Archive of SID

شناسایی خطرها

برای شناسایی بهتر خطرهای HSE در کارگاه های بلند مرتبه‌سازی، خطرها به سه گروه اصلی بهداشت، ایمنی و محیط زیست تقسیم شدند. در گروه بهداشت، برای شناسایی بهتر خطرها، با توجه به اعضای اصلی آسیب پذیر در بدن، خطرهای بهداشتی در کارگاه های بلند مرتبه سازی به ۴ گروه خطر آسیب به چشم، پوست،سیستم تنفس و بیماری‌های شغلی تقسیم شد.در واقع گروه بیماری‌های شغلی شامل تمام صدماتی می‌شود که به اعضای بدن به جز چشم و پوست و سیستم تنفسی وارد می‌شود و سلامت افراد را تهدید می‌کند، مانند بیماری‌های گوارشی ناشی از آلودگی های آب، بیماری‌های ناشی از گرما و سرمای زیاد، بیماری‌های روانی و ...

خطرهای گروه ایمنی با توجه به عوامل زیان‌آور محیط کار در کارگاه‌ها دسته‌بندی شده‌اند. این عوامل می‌توانند به دو دسته نوع عملیات و خطرات اصلی تقسیم شوند.در گروه عملیات، تمام خطرهایی که در آن عملیات سلامت افراد درگیر در پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، مد نظر می‌باشد. یک‌سری از خطرها نیز وجود دارد که مربوط به هیچ‌کدام از گروه‌های اصلی عملیاتی نمی‌باشند و ممکن است در تمام دوران ساخت ایجاد شوند مانند حریق که ممکن است در اثر استعمال دخانیات در هر مرحله از کار، به وقوع بپیوندد و فاجعه به وجود بیاید.این خطرها نیز به صورت گروه جداگانه در شناسایی خطرها قرار داده شده است.

خطرهای گروه محیط زیست با توجه به عواملی دسته بندی شدند که محیط زیست را به



شکل۱. ساختار شکست ریسک های HSE

www.SID.ir

Archive of SID

طور مستقیم و سلامت افراد را به طور غیر مستقیم تهدید می کند.

برای شناسایی خطرهای هرگروه، از چک‌لیست‌های موجود و کارهای قبلی انجام شده و مصاحبه با متخصصین در زمینه بلند مرتبه سازی استفاده شد و پس از شناسایی نهایی خطرها، پرسش‌نامه ای طراحی و از متخصصین خواسته شد که به تمامی خطرهای پروژه در هر سه گروه پاسخ دهند و شدت اثر و احتمال وقوع هر خطر را بیان کنند.

ارزیابی خطر

ابتدا از طریق روش AHP فازی گروه های خطر اولویت بندی شده و پس از آن خطرهای موجود در هر گروه به ترتیب الویت ارزیابی می‌شوند. برای این کار ابتدا ماتریس مقایسه زوجی بین گروه های اصلی بهداشت،ایمنی و محیط زیست را تشکیل داده و وزن هر عامل را مطابق قسمت ۳-۶ به‌دست می‌آوریم. پس از محاسبات وزن عامل بهداشت ۰/۳۴۶، عامل ایمنی ۰/۳ و عامل محیط زیست ۰/۳۵۴ با نرخ سازگاری ۰/۰۱ به‌دست آمد.

جدول ۴. محاسبه α-cut و عامل خطر برای خطر داربست

α	شدت اثر(I)		احتمال وقوع (P)		P+I		PxI		RF=P+I-(PxI)	
0	0.252556	0.160463	0.444349	0.146622	0.696905	0.307085	0.112223	0.023527	0.67337	0.1948615
0.1	0.248408	0.165068	0.435474	0.153849	0.683882	0.318916	0.108175	0.025395	0.65848	0.2107411
0.2	0.24426	0.169672	0.4266	0.161076	0.67086	0.330748	0.104201	0.02733	0.64352	0.2265470
0.3	0.240112	0.174277	0.417725	0.168303	0.657837	0.34258	0.100301	0.029331	0.62850	0.2422794
0.4	0.235964	0.178882	0.40885	0.175531	0.644815	0.354412	0.096474	0.031399	0.61341	0.2579381
0.5	0.231817	0.183486	0.399975	0.182758	0.631792	0.366244	0.092721	0.033534	0.59825	0.2735232
0.6	0.227669	0.188091	0.391101	0.189985	0.618769	0.378076	0.089041	0.035734	0.58303	0.2890346
0.7	0.223521	0.192695	0.382226	0.197213	0.605747	0.389908	0.085435	0.038002	0.56774	0.3044725
0.8	0.219373	0.1973	0.373351	0.20444	0.592724	0.40174	0.081903	0.040336	0.55238	0.3198367
0.9	0.215225	0.201905	0.364477	0.211667	0.579702	0.413572	0.078445	0.042737	0.53696	0.3351273
1	0.211077	0.206509	0.355602	0.218894	0.566679	0.425404	0.075059	0.045204	0.52147	0.3503443

جدول ۵. عامل خطر برای خطرهای بهداشتی

رتبه	گروه خطر	وزن
۱	بیماری های شغلی	0.48064
۲	صدمه به پوست	0.41461
۳	چشم	0.40883
۴	تنفس	0.33425

جدول ۶. عامل خطر برای خطرهای محیط زیستی

رتبه	گروه خطر	وزن
1	آلودگی صوتی	0.597868
2	آلودگی هوا	0.486063
3	آلودگی آب	0.430185
4	آلودگی خاک	0.359823
5	آلودگی تشعشعات	0.246828

جدول ۷. عامل خطر برای خطرهای ایمنی

رتبه	گروه خطر	وزن
۱	کار در ارتفاع	0.592324
۲	حوادث غیر مترقبه	0.544069
۳	نصب اسکلت فلزی	0.516879
۴	تخریب گودبرداری و حفاری	0.47992
۵	برق گرفتگی	0.479633
۶	بالابرها و جرثقیل	0.447169
۷	داربست	0.43591
۸	حریق	0.418824
۹	ماشین آلات	0.385248
۱۰	اسکلت بتنی	0.344975

www.SID.ir

Archive of SID

پس از آن در زیر گروه های اصلی،تمامی خطرهای موجود در هر گروه را با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی وزن دهی کرده و مقدار شدت اثر را برای تمامی خطرها مطابق قسمت۳-۶ به‌دست می‌آوریم. سپس، بعد از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌های توزیع شده بین متخصصین، پاسخ‌های زبانی داده شده به احتمال وقوع هر خطر به اعداد فازی تبدیل می‌شوند. برای این کار با توجه به جدول شماره ۱ به پاسخ های داده شده عدد فازی مربوطه را اختصاص می دهیم و در انتها میانگین تمام پاسخ ها را با توجه به ضریب مشارکت هرمتخصص با استفاده از فرمول های ۱۵ و ۱۷ به‌دست می آوریم و پس از محاسبه شدت اثر (RI) و احتمال وقوع (RP) هر خطر، عامل خطر را با استفاده از فرمول (۱۴) محاسبه می‌کنیم. در نهایت آن‌ها را رتبه‌بندی می‌نماییم. برای محاسبات فازی مربوط به ضرب، همان‌طور که در قسمت ۲ گفته شد از α-cut استفاده می کنیم.

در نهایت مقادیر فازی به‌دست آمده برای خطر داربست را فازی زدایی می کنیم و مقدار کلی عامل خطر را به‌دست می آوریم.

$$ORF = \frac{0.5215+0.351}{2} = 0.4363$$

بحث

خطرها در سه گروه اصلی بهداشت، ایمنی و محیط زیست ارزیابی گردیدند. این سه دسته از طریق روش AHP و با استفاده از نظر ۳۵ کارشناس در زمینه بلند مرتبه سازی وزن دهی و رتبه‌بندی شدند.وزن های این سه گروه به ترتیب ۰/۳۴۶ برای بهداشت، ۰/۳ برای ایمنی و ۰/۳۵۴ برای محیط زیست به‌دست آمد. این اعداد نشان از اهمیت خطرهای بهداشتی و محیط زیستی در پروژه‌ها دارد. هم‌چنین می‌توان دریافت که در حفظ سلامت افراد در مجموعه کارگاه و بیرون از آن، خطرهای محیط زیستی و بهداشتی مانند خطرهای ایمنی اهمیت بسیاری دارند و باید در طول پروژه مورد ارزیابی و کنترل قرار گیرند.

در گروه ایمنی، خطر کار در ارتفاع به عنوان بحرانی ترین گروه و در گروه بهداشت، بیماری های شغلی در کارگاه های بلند مرتبه سازی به عنوان بحرانی‌ترین خطر شناخته شده است که این نتایج با نتایج تحقیقات پیشین (مانند Aneziris, Topali در سال 2011، Hao-Tien و همکارانش در سال ۲۰۱۲) و نیز آمار حوادث و بیماری‌های شغلی سازمان تامین اجتماعی هم خوانی دارد (Social Security Organization). در گروه محیط زیست، آلودگی صوتی و آلودگی هوا از جمله بحرانی ترین گروه های آلودگی محیط زیستی شناسایی شد.

در نگاه اول، بسیاری از مهندسین در زمینه بلند مرتبه سازی، خطرهای ایمنی را مهم‌تر از خطرهای بهداشتی و محیط زیستی می دانند که با توجه به نتایج به‌دست آمده، این موضوع کاملاً نقض می شود. البته این موضوع به دلیل آن است که معیار آن‌ها فقط خطرهایی می‌باشد که در اهداف پروژه تاثیر مستقیم دارند.غافل از این‌که بسیاری از خطرهای بهداشتی و محیط زیستی به صورت غیر مستقیم در زمان و هزینه پروژه تاثیر بسیاری داشتند. خطرهای بهداشتی و محیط زیستی، خطرهایی هستند که در دراز مدت می‌توانند اثرات ناگواری را بر روی سلامت افراد مشغول در پروژه بگذارند.

نتیجه گیری

مدل استفاده شده در این مقاله، مدلی ساده و دقیق برای رتبه‌بندی و محاسبه مقادیر خطرهای

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف می‌باشد که سادگی آن باعث می‌شود از آن بتوان در تمام مراحل پروژه استفاده کرد. هم‌چنین فرمول استفاده شده برای ارزیابی خطرها و به‌دست آوردن عامل خطر (فرمول شماره ۱۴) دارای مزیتی نسبت به فرمول های متداول عامل خطر می‌باشد. این فرمول خطرهایی را که شدت اثر زیاد اما احتمال وقوع کم دارند، به درستی و به صورت دقیق مورد ارزیابی قرار می دهد و عامل خطر را برای آن‌ها به‌دست می‌آورد.

برای کاهش بسیاری از این خطرها باید فرهنگ HSE در کارگاه ها و شرکت های مربوطه و هم‌چنین در بین تمامی افراد درگیر در پروژه افزایش یابد. برای این منظور توجه به آموزش HSE به نیروی کار، ناظران، مدیران و تمامی افرادی که با پروژه در ارتباط هستند لازم و ضروری است. هم‌چنین درس گرفتن از حوادث و رویدادها گذشته،درک و فهمیدن این‌که چه اتفاقی افتاده است و چرا اتفاق افتاده است، به سازمان ها اجازه می دهد مواردی را که برای جلوگیری از حوادث آینده لازم است، شناسایی و اجرا کنند.

با توجه به نتایج به دست آمده، در ارزیابی خطرهای کلی پروژه، باید خطرهای بهداشتی و محیط زیستی نیز در نظر گرفته شوند شود.یعنی ارزیابی خطرهای پروژه به صورت ارزیابی خطرهایی باشد که بر معیارهای زمان، کیفیت، هزینه و HSE تاثیر گذار باشند.

منابع

Adibi M. HSE and Technical Cheklist in construction Projects. fanavaran Publication. 2011. (Persian)

Alsharif K. Construction and stormwater pollution: Policy, violations, and penalties. Land Use Policy 27.2010. pp612–616

Amini B.Review and analysis of events in the construction industry and the general in iran in 2008.2th construction safety conference. khaneh omran.iran.tehran.2009.(Persian)

Aneziris ON,Topali E,Papazoglou.Occupational risk of Building Construction.Reliability Engineering and System Safety.2011.

Ballesteros J, Fernandez M D, Quintana S,Ballesteros J A,Gonzalez I.Noise emission evolution on construction sites. Measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment. Building and Environment 45.2010. pp711–717

Chi CF,Yang CC,Chen ZL.In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. International Journal of Industrial Ergonomics 39. 2009.pp635–644.

Del Cano A, De la Cruz M. Integrated methodology for project risk management. Journal of Construction Engineering and Management, 128 (6).2002.pp 473-485.

Gharib M,Maknoon R,Sebt M.Design of HSE Model for construction in Iran.(Thesis). Amirkabir University of Technology.iran.2011. (Persian)

Godsipour H. Analytic hierarchy process.9th ed.Amirkabir University of Technology Publication.Tehran.2011.(Persian)

Hendrickson C,Horvath A.Resource use and environmental emission of US construction sectors.Journal of Construction Engineering and Manegement.2000.pp38-43

www.SID.ir

Archive of SID

Rafiee zadeh A,Ardeshir A.Qualitative risk assessment in Construction project with Fuzzy Approach,(Thesis). Amirkabir University of Thechnology.2009.(Persian)

Rekab islami M,Ardeshir A,Maknoon R.Risk Assessment in high rise building construction projects with fuzzy Approach,(Thesis). Amirkabir University of Thechnology.2013. (Persian)

Shen L, Bao Q. Implementation innovative functions in construction Project Management towards the mission of sustainable environment. Proceeding of the millennium conference on condtruction project management.Hong Kong Institution of Engineers.2000.pp 77-84

Statistical report of occupational accidents in the construction industry between 2007-2010, Social Security Organization of the Islamic Republic of Iran, 2012 (Persian).

Zeng J,An M,Smith NJ.Appliction of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment.International Journal of Project Management,2007,pp589-600

Kaufmann A,Gupta MM.Introduction to Fuzzy Arithmetic:Theory and Aplication.Van Nostrand Reinhold,New York.1991

Klir GJ,Yuan B.Fuzzy sets and Fuzzy logic:theory and application.1995

Lahooti M,Nemati S,.afety Cheklist in construction site.Fadak Isatis publication.2011.(Persian)

Liao CW, Perng YH.Data mining for occupational injuries in the Taiwan construction industry. Safety Science 46. 2008.pp 1091–1102.

Liu, H.T., Tsai, Y.L., Fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry, Safety Sciences, 2012, 50: 1067–1078.

Nieto-Morote A,Ruz-vila F.A fuzzy approach to construction project risk assessment. International Journal of Project Management,2011,29,pp220-231

Pinto A,Nunes IL,Ribeiro.Occupational risk assessment in Construction industry – Overview and reflection.Safety Science 49.2011.pp616-624

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Health and Safety at Work Vol. 5; No. 2; Summer 2015

HSE risks assessment in urban high-rise construction using Fuzzy Approach

A. Ardeshir[1*], R. Maknoon[2], M. Rekab Islami Zadeh[3], Z. Jahantab[4]

[1]Associate professor,department of civil and environment engineering , Head of Enviro. Research Center, Amirkabir university of technology

[1]Assisstant Professor,department of civil and environment engineering , Amirkabir university of technology

[1]Department of civil and environment engineering , Amirkabir university of technology

[1]Department of Architecture,Islamic Art University of Tabriz

Abstract

Introduction: High-rise building projects are increasing due to the population growth, urban development, and migration of people to the major cities. High-rise buildings have special importance in terms of HSE risks rather than other projects since these projects are located in the cities and in the direct contact with people. However, in most incidents and events, organizations do not have enough insight into the true cost. Therefore, identification and assessment of management of HSE risks is essential.

Material and Method: In this research, HSE risks in high-rise buildings that have harmful effect on human health and environment were identified, assessed and ranked. The Risks were identified and assessed through checklist and interview with experts. Considering the uncertainty and the ambiguous nature of the risks, the combination of fuzzy numbers and Analytical Hierarchy Process (AHP) method were employed for quantitative analysis. Finally, the estimated risks were ranked for control.

Result: Using AHP Method, the weight of health, safety, and environment were obtained 0.346, 0.3, and 0.354, respectively, which shows the higher importance of environmental and health risks in construction projects comparing to safety risks.

Conclusion: Findings in this research indicated that HSE risks are very critical and they should be controlled before start of the project. Moreover, many of HSE risk are due to lack of appropriate HSE culture in the organization and projects that can be reduced by culture-building practices.

Keywords: *Health, Safety, Environment, Fuzzy, HSE*

* Corresponding Author Email: *ardeshir53@yahoo.com*

www.SID.ir